

5

Инфекции

КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

СОДЕРЖАНИЕ

Визуализация инфекции	132
Остеомиелит	133
Определение терминов	133
Пути инфицирования	136
Гематогенная диссеминация	136
Распространение из прилегающих тканей...	137
Прямое проникновение	138
МРТ-картина при остеомиелите	138
Острый остеомиелит	139
Подострый остеомиелит	142
Хронический остеомиелит	142
Инфекция мягких тканей	143
Целлюлит	143
Септический теносиновит и септический бурсит	145
Пиомиозит (инфекционный миозит)	145
Некротизирующий фасциит	146
Септический артрит	147
Прочие патологические состояния	149
Инородные тела	149
Хронический рецидивирующий многоочаговый остеомиелит	150
СПИД	150
Синдром диабетической стопы	151
Список литературы	154

Визуализация инфекции (блок 5.1)

Инфекции костно-мышечной системы поражают кости, мягкие ткани и суставы. Инфекции часто рассматривают как состояния, требующие неотложной консервативной терапии. МРТ — эффективный инструмент, позволяющий продемонстрировать наличие или отсутствие заболевания и его протяженность. Зону исследования при МРТ определяют на основании

клинических данных или отклонений, обнаруженных с помощью других визуализационных методов исследования. Для каждого участка тела используют разные катушки, разные положения пациента и разные плоскости изображения.

- Катушки и положение пациента. Как правило, пациент располагается в магните в положении лежа на спине, если только основная часть пораженной области не располагается в мягких тканях задней поверхности тела, например в области ягодиц или задней поверхности грудной клетки. Катушку для позвоночника с фазовой решеткой используют для визуализации любых отделов позвоночника; катушку для тела или, предпочтительнее, катушку с большим полем обзора с фазовой решеткой — для визуализации грудной клетки, таза и бедренных костей; более мелкие поверхностные катушки — для визуализации других конечностей и суставов.
- Ориентация изображения. Для визуализации позвоночника лучше всего подходят сагиттальная и аксиальная проекции, для визуализации таза предпочтительнее использовать корональную и аксиальную проекции. Аксиальную и корональную проекции, как правило, используют для визуализации патологических очагов рядом с тазобедренным суставом, стопой, плечевым суставом и лучезапястным суставом. Патологические очаги, располагающиеся вблизи коленного, голеностопного и локтевого суставов, лучше всего исследовать в аксиальной и сагиттальной проекциях.
- Пульсовые последовательности и области интереса. Если область интереса располагается в позвоночнике, используют T1-ВИ, T2-ВИ в последовательности «быстрое спиновое эхо», а также T1-ВИ с контрастированием гадолинием в сагиттальной проекции или 3D-реконструкцию аксиальных срезов. Для исследования таза и конечностей мы, как правило, применяем протоколы T1, последовательность STIR и T1-ВИ с контрастированием гадолинием. При иссле-

довании позвоночника толщина среза составляет 4 мм, при исследовании таза — 5 мм, при исследовании конечностей — 4 мм (или больше, в зависимости от охватываемого объема).

- **Контрастирование.** Для диагностики инфекций костно-мышечной системы используют, как правило, гадолиний в/в. Это позволяет отличить абсцесс от целлюлита или флегмоны мягких тканей или абсцесс от отека костного мозга в костномозговом канале. Кроме того, при использовании гадолиния более четко выделяются наружные свищи и секвестры.

Остеомиелит

МРТ позволяет на ранней стадии обнаружить остеомиелит, определить степень распространенности процесса, а также активность заболевания при хроническом остеомиелите.

Определение терминов (блок 5.2)

Секвестр — некротизированный (омертвевший) фрагмент кости, отделенный от живой ободком грануляционной ткани. На рентгенограмме плотный костный фрагмент (секвестр) окружен зоной просветления (грануляционной тканью). На МРТ-изображениях секвестр в последовательностях T1, T2 и STIR выглядит как гипоинтенсивная структура. Окружающая его грануляционная ткань на T1-ВИ выглядит как структура с промежуточной или низкой интенсивностью сигнала, а в последовательности STIR или на T2-ВИ — как гиперинтенсивная (рис. 5.1). После введения гадолиния грануляционная ткань накапливает контрастный препарат, а секвестр остается гипоинтенсивным.

БЛОК 5.1

МРТ-признаки опухолей нервных оболочек МРТ при инфекциях костно-мышечной системы

Последовательности

- T1.
- STIR или T2 в последовательности «быстрое спиновое эхо».
- T1 с контрастированием в режиме подавления сигнала от жировой ткани.

Проекции

- Позвоночник: аксиальная и сагиттальная.
- Таз, тазобедренный сустав, плечевой сустав, лучезапястный сустав: аксиальная и корональная.
- Коленный сустав, голеностопный сустав, локтевой сустав: аксиальная и сагиттальная.
- Стопа: аксиальная, сагиттальная и корональная

БЛОК 5.2

Определение терминов

Клоака — дефект периоста, образовавшийся в результате инфекции.

Оболочка — толстостенная муфта, образовавшаяся путем периостального остеогенеза и окружающая омертвевшую кортикальную пластинку.

Секвестр — фрагмент омертвевшей кости, окруженный грануляционной тканью.

Наружный свищ — канал, идущий от кости к поверхности кожи. Выстлан грануляционной тканью.

Внутренний свищ (фистула) — канал между двумя внутренними органами

Оболочка — толстостенная волнообразная муфта, образовавшаяся в результате периостальной реакции вокруг кортикальной пластинки инфицированной трубчатой кости. Нередко обнаруживается при остеомиелите у детей грудного и более старшего возраста. Если инфекция ограничивается, омертвевшую кортикальную пластинку охватывает оболочка. Таким образом формируется утолщенная кортикальная пластинка (см. рис. 5.1). На МРТ-изображениях оссифицированный периост и некротизированная кортикальная пластинка во всех пульсовых последовательностях — гипоинтенсивные. На T2-ВИ и в последовательности STIR периостальная реакция и кортикальная пластинка, пока не охватываются оболочкой, отделены линейной зоной промежуточной или высокой интенсивности сигнала (рис. 5.2).

Клоака — отверстие в периосте, через которое гной выходит из инфицированной кости в мягкие ткани. На T2-ВИ гипоинтенсивная линия периоста, приподнятая над неизменной или утолщенной кортикальной пластинкой, прерывается гиперинтенсивной щелью (клоакой) (см. рис. 5.1). На T2-ВИ можно увидеть гиперинтенсивный гной, который выходит из клоаки в мягкие ткани и может формировать наружный свищ или абсцесс.

Наружный свищ/внутренний свищ. Наружный свищ — канал между инфицированной костью и поверхностью кожи, а внутренний свищ (фистула) — канал между двумя внутренними органами. Наружные и внутренние свищи выстланы сосудистой грануляционной тканью и служат «трубопроводами», через которые гной выходит из инфицированной кости. На T1-ВИ внутренние и наружные свищи выглядят как линейные гипоинтенсивные образования. При отсутствии отека подкожной жировой клетчатки они видны более четко. На T2-ВИ канал из-за грануляционной ткани и гноя выглядит как гиперинтенсивная линия (рис. 5.3). После в/в введения гадолиния грануляционная ткань накапливает контрастный препарат. Наиболее четко канал виден на постконт-

трастных препаратов T1-ВИ в режиме подавления сигнала от жировой ткани.

Абсцесс/флегмона. Абсцесс — полость, заполненная гноем, окруженная капсулой и выстланная

грануляционной тканью, флегмона — солидное образование, состоящее из воспалительной ткани. Абсцесс может быть в костномозговой полости, кортикальном слое кости, мягких тканях

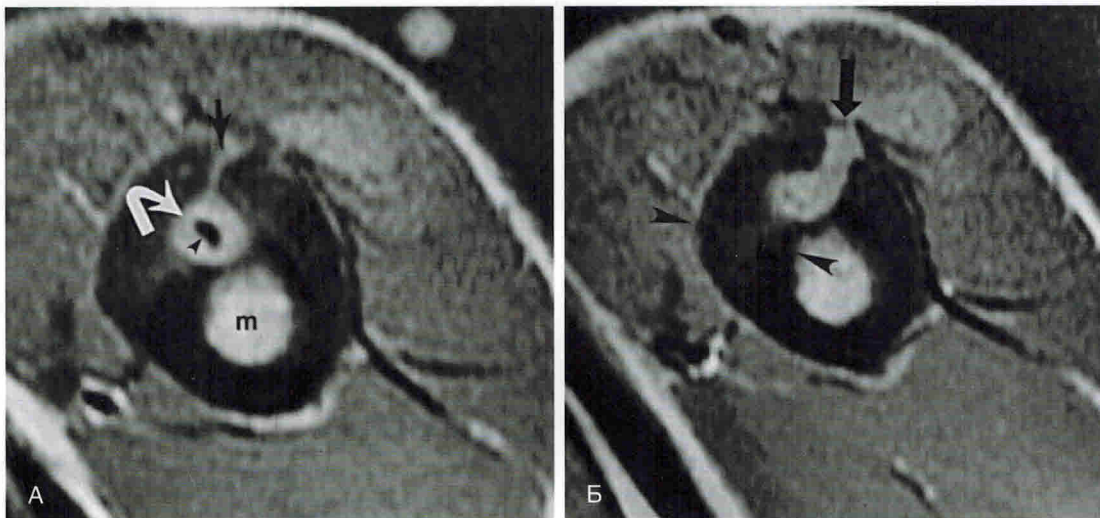


Рис. 5.1. Остеомиелит. Секвестр, абсцесс, клоака, периостальный остеогенез. А — T2-ВИ верхней трети плеча в последовательности спинного эха в аксиальной проекции. От костномозговой полости плечевой кости (m) определяется гиперинтенсивный сигнал, обусловленный остеомиелитом. Гипоинтенсивный секвестр (наконечник стрелы) окружен зоной гиперинтенсивного сигнала от грануляционной ткани и гноя (изогнутая стрелка). В утолщенной кортикальной пластинке определяется клоака (прямая стрелка). Б — T2-ВИ верхней трети плеча в последовательности спинного эха в аксиальной проекции. На срезе, выполненном рядом со срезом, представленным в пункте А, обнаруживается значительно утолщенная кортикальная пластинка (между наконечниками стрел). Эта кортикальная пластинка, образовавшаяся в результате периостальной реакции, охватывает лежащую под ней обычную кортикальную пластинку. Кроме того, через кортикальную пластинку проходит гиперинтенсивная линейная клоака (стрелка)



Рис. 5.2. Остеомиелит: оболочка. T2-ВИ голени в аксиальной проекции в последовательности «быстрое спинное эхо» в режиме подавления сигнала от жировой ткани. Инфицированная малоберцовая кость ребенка. Периостальная реакция (оболочка) в виде гипоинтенсивной линии (наконечник стрелы) и гипоинтенсивный кортикальный слой кости (стрелка) разделены гиперинтенсивным гноем

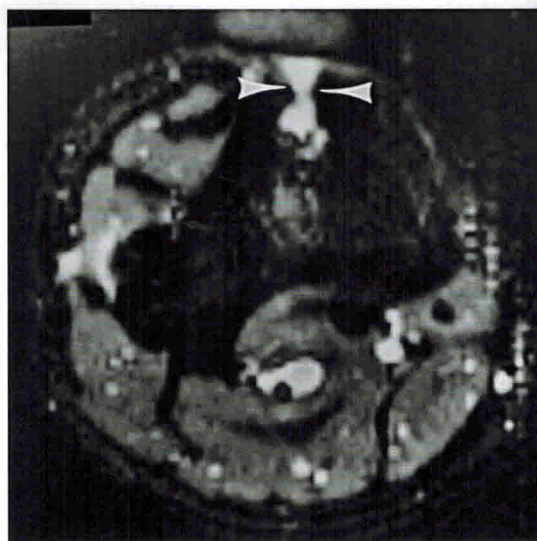


Рис. 5.3. Остеомиелит: наружный свищ. Изображение голени в последовательности STIR в аксиальной проекции. Определяется линейный гиперинтенсивный канал (между наконечниками стрел), который проходит через кортикальную пластинку большеберцовой кости и открывается на поверхности кожи

10

Плечевой сустав

СОДЕРЖАНИЕ

Визуализация плечевого сустава	245
Сухожилия и клювовидно-акромиальная дуга...	247
Нормальная анатомия	247
Сухожилия	247
Клювовидно-акромиальная дуга.....	250
Импинджмент-синдром плечевого сустава...	252
Причины	253
Акромиальная конфигурация	253
Проявления импинджмент-синдрома	256
Разрывы, дегенеративные изменения и дислокации сухожилий	256
Надостная мышца.....	256
Длинная головка двуглавой мышцы	260
Подостная мышца и малая круглая мышца	262
Подлопаточная мышца.....	264
Массивные разрывы вращательной манжеты.....	265
Патологические изменения ротаторного интервала.....	265
Нестабильность.....	267
Анатомия при нестабильности.....	269
Капсула.....	269
Плечевые связки	269
Суставная губа	272
Повреждения, сопровождаемые нестабильностью.....	275
Капсула.....	275
Плечевые связки	276
Кости	277
Суставная губа	279
Повреждения суставной губы, сопровождаемые нестабильностью.....	281
Повреждения верхних отделов суставной губы с распространением разрыва спереди назад	281
Паралабральные кисты.....	284
Сочетанное повреждение суставной губы и хряща гленоида	285

Плечевой сустав после оперативного лечения	285
Хирургические вмешательства при импинджмент-синдроме и патологии вращательной манжеты плечевого сустава ...	286
Хирургические вмешательства при нестабильности	286
Другие патологические изменения суставной капсулы, суставной сумки и сухожилия.....	286
Адгезивный капсулит.....	286
Синовиальные кисты.....	287
Кальцифицирующий тендинит и кальцифицирующий бурсит	287
Субкоракондальный бурсит	288
Патологические изменения нервов	288
Синдром четырехугольного пространства...	291
Синдром Персонейджа–Тернера.....	292
Патологические изменения костей.....	293
Посттравматический остеолит ключицы....	293
Скрытые переломы	294
Аваскулярный некроз	294
Опухоли	295
Патологические изменения мягких тканей ...	295
Доброкачественные и злокачественные опухоли	295
Травмы грудных мышц	297
Список литературы.....	297

Визуализация плечевого сустава

См. протоколы плечевого сустава в конце главы.

- Катушки и положение пациента: поверхностная катушка необходима для получения детальных изображений с высоким разрешением. При стандартном обследовании пациент лежит на спине с руками вдоль туловища в нейтральном положении или с небольшим поворотом наружу. Положение руки влияет на качество

визуализации на МР-изображениях анатомических структур.

- Ориентация изображений (блок 10.1): небольшое поле обзора (12 см) и срезы толщиной от 3 до 4 мм получают в трех плоскостях визуализации: 1 — корональная косая, 2 — аксиальная и 3 — сагиттальная косая. Изображения в корональной косой проекции получают с помощью срезов, выполненных параллельно сухожилию надостной мышцы, которое визуализируется на аксиальном срезе через верхнюю часть плечевого сустава; в качестве альтернативы они могут быть получены в плоскости, перпендикулярной суставной поверхности гленоида, как и на изображениях в аксиальной проекции. Изображения в аксиальной проекции получают от верхушки акромиона до нижней части плечевого сустава с использованием в качестве локализатора топограммы в корональной проекции. Изображения в сагиттальной косой проекции получают с помощью срезов, параллельных суставной поверхности гленоида, как и на изображениях в аксиальной проекции, от шейки лопатки через латеральный край плечевой кости.

БЛОК 10.1

Структуры плечевого сустава для оценки в разных плоскостях

Корональная косая

Подостная мышца и сухожилие: продольно
 Надостная мышца и сухожилие: продольно
 Акромиально-ключичный сустав
 Акромион
 Плечевой сустав
 Субакромиальная/поддельтовидная сумка
 Суставная губа (верхняя и нижняя части)

Сагиттальная косая

Надостная мышца и сухожилие: в поперечном сечении
 Подостная мышца и сухожилие: в поперечном сечении
 Малая круглая мышца и сухожилие: в поперечном сечении
 Сухожилие длинной головки двуглавой мышцы (проксимальная часть): в поперечном сечении
 Подлопаточная мышца и сухожилие: в поперечном сечении
 Ротаторный интервал
 Акромион
 Ключовидно-акромиальная связка
 Ключовидно-акромиальная дуга
 Плечевые связки

Аксиальная

Сухожилие длинной головки двуглавой мышцы: в поперечном сечении
 двуглавой борозды
 Подлопаточная мышца и сухожилие: продольно
 Суставная губа (передняя и задняя части)
 Капсула
 Плечевой сустав
 Плечевые связки

- Пульсовые последовательности и зоны интереса: несколько различных импульсных последовательностей используются для оценки внутреннего повреждения плечевого сустава. Они зависят от того, исследуется ли плечевой сустав с внутрисуставным контрастированием или без него. Последовательности импульсов, которые мы используем для стандартной МРТ плечевого сустава, включают: 1 — T1-ВИ в сагиттальной косой проекции и FSE T2 с подавлением сигнала от жира (FS), 2 — корональную косую FSE T2 с FS и 3 — аксиальную FSE T2 с FS и FSE с FS по протонной плотности. T1-взвешенная сагиттальная косая проекция используется для оценки размера мышц манжеты и выявления жировой инфильтрации мышц, что является важным фактором для предоперационного планирования.
- Последовательность FSE T2 с FS в сагиттальной косой проекции используется для поиска жидкости/отека, обычно связанного с патологическими процессами, и жидкости в различных синовиальных сумках вокруг плечевого сустава. Крепление вращательной манжеты также хорошо отображается, а полные или частичные разрывы манжеты могут быть легко идентифицированы путем оценки сигнала жидкости в сухожилии или при его замене. Внутрисуставная часть сухожилия двуглавой мышцы также хорошо отображается в сагиттальной косой плоскости.
- Последовательность FSE T2 с FS в корональной косой проекции также эффективна для оценки патологических изменений манжеты сухожилий надостной или подостной мышцы, причем верхняя суставная губа лучше всего оценивается в данной плоскости. Изображения в аксиальной проекции отображают переднюю и заднюю части суставной губы, длинную головку сухожилия двуглавой мышцы в двуглавой борозде, а также сухожилие подлопаточной мышцы и саму мышцу. Последовательность FSE T2 с FS, по-видимому, лучше отображает суставную губу в случае выпота в суставе, тогда как последовательность FSE по протонной плотности FS (или градиентное эхо) отображает суставную губу лучше в случае отсутствия выпота в суставе.
- Контрастное вещество: МР-артрография плечевого сустава чаще всего выполняется для оценки пациентов с нестабильностью; тем не менее, по нашему опыту, она также чрезвычайно эффективна для выявления тонких, а иногда и не очень тонких частичных и полных разрывов вращательной манжеты. МР-артрография плечевого сустава выполняется после внутрисустав-

ставной инъекции гадопентетата димеглумина (гадолиния), что не соответствует инструкции по применению Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США. Раствор, используемый для артрограммы, состоит из 0,1 мл гадолиния, смешанного с 20 мл физиологического раствора и 3 мл йодированного контрастного препарата. Перед МРТ около 10–12 мл смеси вводят в плечевой сустав под рентгеновским контролем с использованием той же методики, что и при обычной артрограмме плечевого сустава. При артрографии гадолинием мы получаем три плоскости T1-ВИ с подавлением жира, корональную косую и аксиальную FSE T2 с FS. Включение по крайней мере одной T2-взвешенной последовательности с FS важно для помощи в идентификации не сообщающихся с полостью сустава скоплений жидкости (таких как паралабральные кисты), так как они не будут заполняться гадолинием. Мы также выполняем T1-взвешенную последовательность в сагитальной косой проекции без подавления сигнала от жира на наших МР-артрограммах, чтобы оценить атрофию мышц, которую легко упустить на изображениях с подавлением жира. В/в введение гадолиния используется при подозрении на инфекцию или воспалительный артрит, чтобы лучше оценить наличие синовиальных скоплений околосуставной жидкости.

Сухожилия и клювовидно- акромиальная дуга

Нормальная анатомия

Сухожилия

Вращательная манжета состоит из четырех сухожилий:

- 1) надостной мышцы;
- 2) подостной мышцы;
- 3) малой круглой мышцы;
- 4) подлопаточной мышцы.

Вращательная манжета представляет собой многослойную структуру, образованную суставной капсулой и связками, в дополнение к четырем перечисленным сухожилиям. Четыре сухожилия вращательной манжеты имеют цилиндрические плоские части, которые расходятся веером и перекрещиваются друг с другом, образуя сплошной синовиальный капюшон в местах их крепления к бу-

ригистости плечевой кости. Отсутствуют оболочки синовиального сухожилия или окружающего паратенона (более плотной прозрачной оболочки, покрывающей сухожилия вне синовиальных влагалищ), охватывающего сухожилия вращательной манжеты. Клювовидно-плечевая связка расположена над суставной капсулой, надостной и подостной связками. Она простирается от клювовидного отростка, между малым и большим бугорками и промежуточной поперечной плечевой связкой, которая охватывает двуглавую борозду вдоль передней поверхности проксимального отдела плечевой кости. Данные структуры составляют несколько слоев вращательной манжеты.

Сухожилие надостной мышцы проходит между нижней поверхностью акромиона и верхней частью головки плечевой кости. Оно прикрепляется к фиброзному хрящу (не к гиалиновому) верху большого бугорка плечевой кости. Кзади на большом бугорке, от верхнего к нижнему, расположены сухожилия подостной и малой круглой мышц. Сухожилие подлопаточной мышцы прикрепляется к малой бугристости и проходит кпереди от плечевого сустава. Надостная мышца вместе с дельтовидной участвуют в отведении руки. Подостная и малая круглая мышцы вращают плечевую кость кнаружи, а сокращение подлопаточной мышцы приводит к вращению плечевой кости кнутри.

Два сухожилия вращательной манжеты на всем протяжении, надостная и подостная мышцы хорошо визуализируются в корональной косой плоскости. На большом количестве передних срезов горизонтально ориентированные надостная мышца и ее сухожилие всегда визуализируются на тех же срезах, которые лучше всего отображают акромиально-ключичный сустав. Мышечно-сухожильное соединение надостной мышцы обычно располагается латеральнее акромиально-ключичного сустава (рис. 10.1). Кзади от головки плечевой кости можно увидеть сухожилие подостной мышцы, косо идущее в краниокаудальном направлении под углом примерно 45°, чтобы прикрепиться к задней части большого бугорка (рис. 10.2). Надостная мышца проходит параллельно горизонтальной поверхности на изображении в корональной косой проекции.

Другие сухожилия, которые также могут быть хорошо оценены на корональных косых изображениях, — дельтовидные сухожилия, которые прикрепляются к верхнему и нижнему краям акромиона и частям длинной головки сухожилия двуглавой мышцы. Клювовидно-акромиальная связка является еще одной структурой с низкой интенсивностью сигнала, она прикрепляется к латеральной и нижней частям акромиона и выглядит

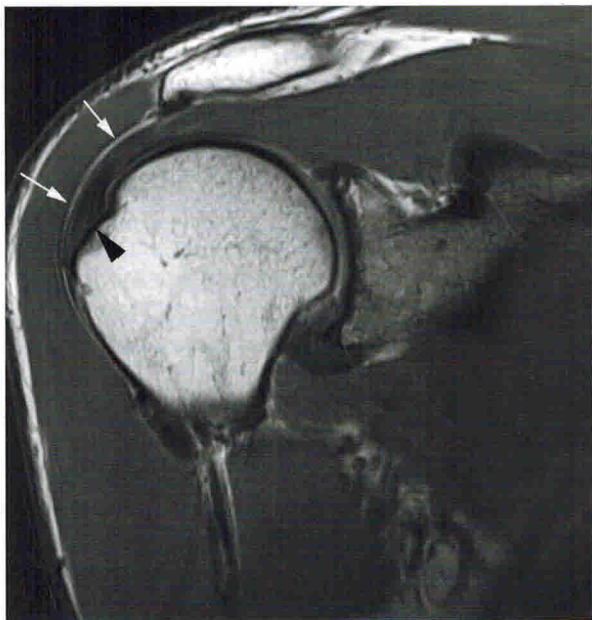


Рис. 10.1. Сухожилие надостной мышцы в норме. Изображение плечевого сустава, взвешенное по протонной плотности в корональной косой проекции. Сигарообразная надостная мышца проходит горизонтально, между акромионом и плечевой костью. Сухожилие визуализируется дистально (стрелки) и прикрепляется к своему «следу» (зоне врастания) вдоль большой бугристости и дает слабый сигнал. Обратите внимание на широкий след места крепления сухожилия к большому бугорку (указатель стрелки)

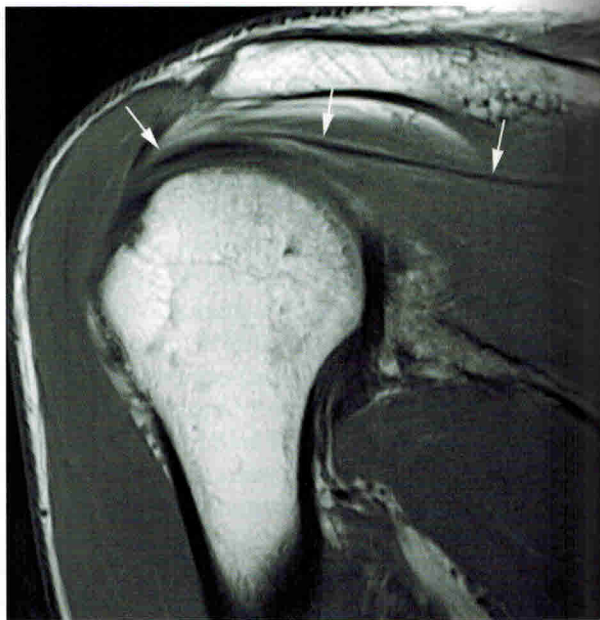


Рис. 10.2. Сухожилие подостной мышцы в норме. Изображение плечевого сустава, взвешенное по протонной плотности в корональной косой проекции. Сухожилие подостной мышцы с низким сигналом проходит наклонно (стрелки), чтобы прикрепиться к задней и верхней частям большой бугристости плечевой кости

так же, как прикрепление сухожилия дельтовидной мышцы. Длинную головку сухожилия двуглавой мышцы можно увидеть на дальних передних срезах плечевого сустава, начиная с верхней суставной губы (место крепления длинной головки двуглавой мышцы к суставной губе) (рис. 10.3) и снизу в двуглавой борозде. Мы считаем, что в положении внутреннего поворота плечевой кости, которое многие пациенты совершают в магните, двуглавая борозда является хорошим анатомическим ориентиром для идентификации переднего края надостной мышцы, поскольку передние волокна сухожилия надостной мышцы крепятся к большой бугристости, прилегающей к двуглавой борозде. Разрывы обычно начинаются или локализуются в данном месте, и их часто упускают.

Подлопаточная мышца проходит спереди от плечевого сустава, а ее многоволоконистое сухожилие прикрепляется к малому бугорку. Длина подлопаточной мышцы и ее сухожилия лучше всего отображается в аксиальной проекции (рис. 10.4). Прикрепление сухожилия сливается с поперечной плечевой связкой, которая соединяет большие и малые бугорки, а также удерживает длинную головку сухожилия двуглавой мышцы в двуглавой борозде.

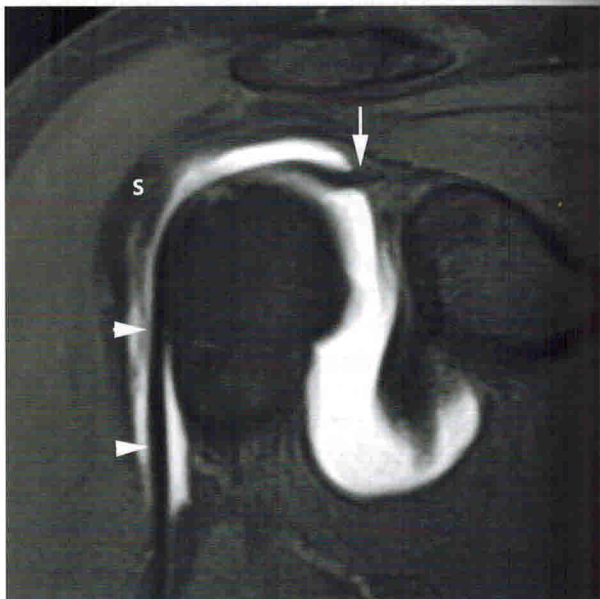


Рис. 10.3. Сухожилие двуглавой мышцы в норме. Т1-ВИ с подавлением сигнала от жира в корональной косой проекции (МР-артрограмма). Длинная головка сухожилия двуглавой мышцы (указатель стрелок) проходит вертикально в двуглавой борозде и прикрепляется к верхней суставной губе в области места крепления длинной головки двуглавой мышцы к суставной губе (стрелка). Видно, что передний край сухожилия надостной мышцы (S) прикрепляется к большому бугорку латеральнее двуглавой борозды

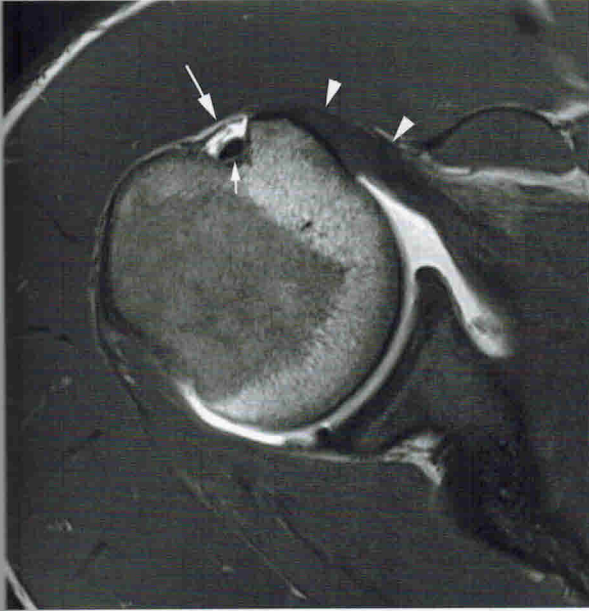


Рис. 10.4. Сухожилие подлопаточной мышцы в норме. Т1-ВИ в аксиальной проекции (МР-артрограмма). Сухожилие подлопаточной мышцы (указатели стрелок) проходит кпереди от плечевого сустава под дельтовидной мышцей и сливается с поперечной плечевой связкой (большая стрелка), которая охватывает двуглавую борозду и удерживает сухожилие двуглавой мышцы (маленькая стрелка) на месте

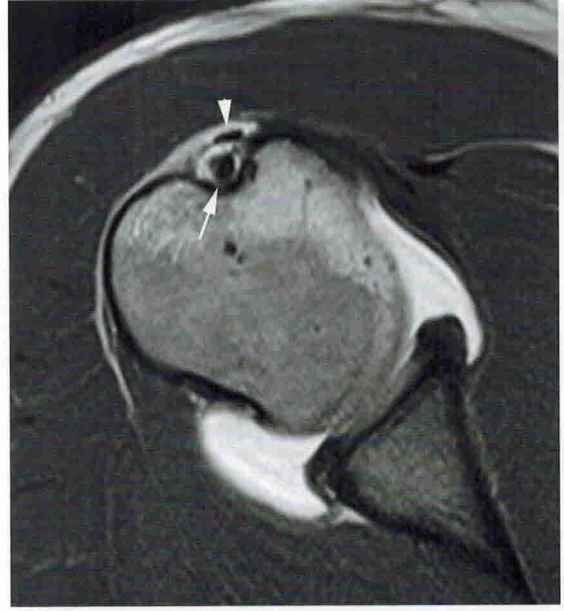


Рис. 10.5. Сухожилие двуглавой мышцы и апоневроз надостной мышцы. Т1-ВИ в аксиальной проекции (МР-артрограмма). Сухожилие двуглавой мышцы (стрелка) получено поперечно двуглавой борозде. По обе стороны от сухожилия в его влагалище визуализируется небольшое количество жидкости. Овоидная структура с низким сигналом кпереди от сухожилия (указатель стрелки) является апоневротическим расширением надостной мышцы и не является продольным разрывом сухожилия (см. Moser T.P., Cardinal É., Bureau N.J., Guillin R., Lanneville P., Grabs D. The aponeurotic expansion of the supraspinatus tendon: anatomy and prevalence in a series of 150 shoulder MRIs // Skeletal Radiol. 2015. — N. 44. — P. 223–231)

Часть длинной головки сухожилия двуглавой мышцы, расположенного внутри двуглавой борозды, срезается в поперечном сечении на изображениях в аксиальной проекции и имеет округлую или овальную структуру с низким сигналом. В некоторых случаях она сливается со слабым сигналом коркового слоя плечевой кости, ее может быть трудно идентифицировать. Небольшое количество жидкости обычно наблюдается на стороне длинной головки влагалища сухожилия двуглавой мышцы плечевого сустава; в случае выпота в плечевом суставе или на артрограмме жидкость может окружать сухожилие двуглавой мышцы, так как влагалище сухожилия находится в прямом сообщении с плечевым суставом (рис. 10.5). Прилегающая плоская или овальная структура, лежащая впереди сухожилия, часто представляет собой апоневротическое расширение надостной мышцы, которая в дистальной части параллельна двуглавой мышце, где она сливается с сухожилием большой грудной мышцы (см. рис. 10.5).

На изображениях в сагиттальной косой проекции — сухожилия надостной, подостной и малой круглой мышц; множественные смещения сухожилий подлопаточной мышцы, окруженные связанными с ними мышцами; проксимальная часть длинной головки двуглавой мышцы изображена в поперечном сечении (рис. 10.6). Данная пло-

скость визуализации важна для подтверждения состояния сухожилий, когда патологические изменения отображаются или предполагаются в других плоскостях, где сухожилия просматриваются в продольном направлении. Пространство между сухожилиями надостной и подлопаточной мышц, которое также хорошо визуализируется на изображениях в сагиттальной косой проекции, известно как ротаторный интервал.

Сухожилия обычно имеют низкую интенсивность сигнала на всех последовательностях импульсов, однако повышенная интенсивность сигнала в нормальных сухожилиях может быть вызвана феноменом магического угла. Феномен магического угла возникает в случае ориентации коллагеновых волокон под углом примерно 55° к полю постоянной магнитной индукции. Такая ориентация приводит к промежуточной интенсивности сигнала внутри сухожилия с низкой интенсивностью сигнала на коротких ТЭ-последовательностях, таких как Т1-ВИ, изображения по протонной плотности и с градиентным эхом (Т2*). В плечевом суставе

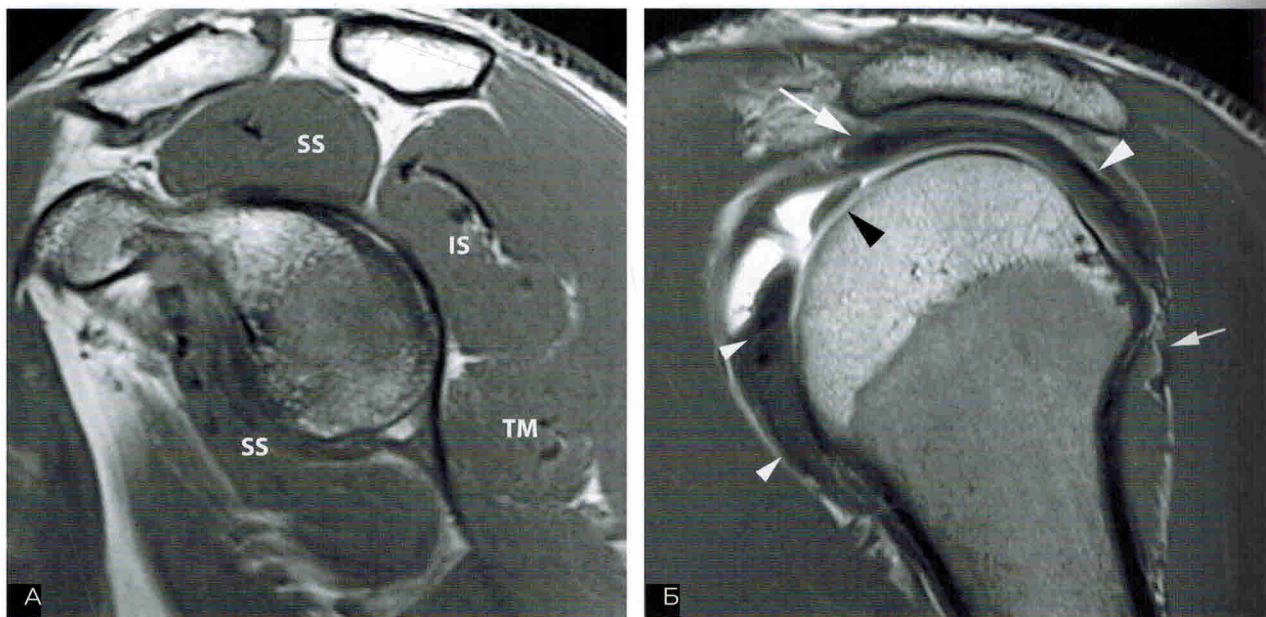


Рис. 10.6. Плечевой сустав в норме; сагиттальная плоскость. А — T1-ВИ плечевого сустава в сагиттальной косо́й проекции. Мышцы вращающей манжеты видны в срезе на уровне суставной впадины. IS — подостная мышца; SS — надостная мышца; SS — подлопаточная мышца; TM — круглая мышца. Б — T1-ВИ в сагиттальной косо́й проекции (MP-артрограмма). Сухожилие надостной мышцы (белая стрелка) и сухожилие подостной мышцы (белый указатель стрелки) сливаются под акромионом, образуя манжету. Сзади снизу находятся малая круглая мышца и ее сухожилие (маленькая стрелка), а подлопаточная мышца лежит впереди (маленький указатель стрелки). Сухожилие двуглавой мышцы (черный указатель стрелки) расположено ниже сухожилия надостной мышцы. Спереди визуализируются множественные смещения подлопаточной мышцы. Пространство между надостной и подлопаточной мышцами является ротаторным интервалом (незакрашенная черная стрелка). Акромион слегка изогнут (акромион II типа)

это явление обычно происходит примерно на 1 см проксимальнее прикрепления сухожилия надостной мышцы на большой бугристости, которая является гиповаскулярной областью сухожилия, также известной как критическая зона.

Интенсивность промежуточного сигнала от феномена магического угла исчезает с длинными TE-последовательностями, такими как T2-ВИ, что позволяет отличить магический угол от патологически измененного сухожилия. Хорошее правило для определения отличий явления магического угла от разрыва на T2-ВИ состоит в том, что интенсивность сигнала внутри сухожилия никогда не бывает выше, чем интенсивность сигнала в соседней мышце, если это происходит от феномена магического угла, тогда как при разрыве сухожилия интенсивность сигнала выше, чем у мышцы. Другие потенциальные причины повышенной интенсивности сигнала в нормальном сухожилии надостной мышцы, помимо феномена магического угла, включают наличие соединительной ткани между пучками сухожилий, эффект частичного усреднения объема и перекрытие сухожилий надостной и подостной мышц по данным визуализации при ротации руки кнутри (блок 10.2).

БЛОК 10.2

Повышенный сигнал в дистальном сухожилии надостной мышцы

- Магический угол (только короткие TE-последовательности).
- Перекрытие сухожилий надостной и подостной мышц (вращение кнутри).
- Соединительная ткань между сухожильными волокнами.
- Частичное усреднение объема.
- Дегенерация сухожилий.
- Разрывы сухожилий (высокий сигнал на длинных TE-последовательностях)

Клювовидно-акромиальная дуга

Клювовидно-акромиальная дуга образована головкой плечевой кости сзади, акромионом вверху и клювовидным отростком и промежуточной клювовидно-акромиальной связкой спереди. Внутри клювовидно-акромиальной дуги, от верхней к нижней, находятся субакромиальная/поддельтовидная сумка, надостная мышца и ее сухожилие, а также длинная головка сухожилия двуглавой мышцы. Клювовидно-акромиальная связка ограничивает переднее и верхнее движения головки плечевой кости и вышележащих сухожилий (рис. 10.7).

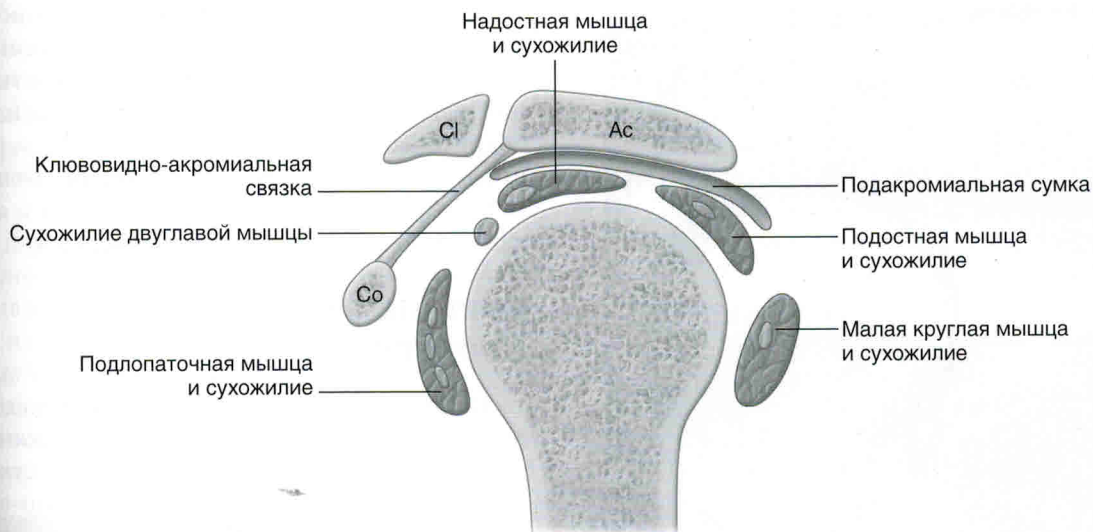


Рис. 10.7. Клювовидно-акромиальная дуга. Схема клювовидно-акромиальной дуги в сагиттальной плоскости. Сухожилия вращательной манжеты с окружающими их мышцами располагаются вокруг головки плечевой кости. Сухожилие двуглавой мышцы ниже сухожилия надостной мышцы. Клювовидно-акромиальная связка образует передний край дуги. Ас — акромион; Сl — ключица; Со — клювовидный отросток

Все, что уменьшает пространство внутри клювовидно-акромиальной дуги, может вызвать симптомы импинджмента. Структуры, которые образуют клювовидно-акромиальную дугу или содержатся в ней, должны быть тщательно оценены в различных плоскостях визуализации.

На изображениях в сагиттальной кривой проекции клювовидно-акромиальная связка визуализируется в виде натянутой тонкой полосы с параллельными краями. Типично для всех связок она имеет низкую интенсивность сигнала на всех импульсных последовательностях (рис. 10.8).

Конфигурация и ориентация акромиона (латеральный конец лопаточной кости, сочленяющийся с акромиальной суставной поверхностью ключицы) оцениваются в корональной и сагиттальной кривой проекциях. В норме передняя и самая задняя части нижней темной кортикальной линии акромиона на сагиттальной кривой проекции должны быть почти горизонтальными или изогнутыми параллельно головке плечевой кости (см. рис. 10.6). На изображениях в корональной кривой проекции передняя часть акромиона должна быть горизонтальной и находиться на том же уровне, что и ключица (рис. 10.9). Акромиально-ключичный сустав в норме имеет гладкую нижнюю поверхность, при этом обе кости проходят в гладкой горизонтальной плоскости. Точно так же нижняя поверхность акромиона должна быть гладкой и без костных выступов, таких как «крючок» или остеофит.

Плоскость жировой клетчатки в форме бумеранга, окружающая субакромиальную/поддельтовидную сумку, на изображениях в корональной кривой проекции визуализируется между акромиально-

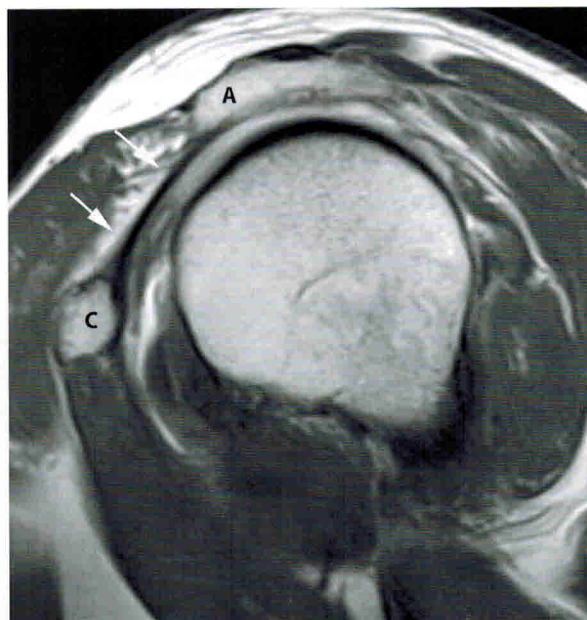


Рис. 10.8. Клювовидно-акромиальная дуга: клювовидно-акромиальная связка. Т1-ВИ плечевого сустава в сагиттальной кривой проекции. Клювовидно-акромиальная связка (стрелки) впереди от плечевого сустава представляет собой тугую полосовидную структуру с низким сигналом между местами ее крепления к акромиону (А) и клювовидному отростку (С). Обратите внимание на отсутствие визуализации надостной и подостной мышц в субакромиальном пространстве вследствие большого разрыва вращающей манжеты

ключичным суставом и лежащими ниже надостной мышцей и ее сухожилием (рис. 10.10). Субакромиальная/поддельтовидная сумка обычно визуализируется из-за того, что окружена жировой тканью.

15

Коленный сустав

СОДЕРЖАНИЕ

Визуализация коленного сустава.....	465
Норма и патологические изменения.....	467
Мениски	467
В норме	467
Патологические изменения.....	467
Разрывы	469
Кисты.....	473
Дискоидный мениск	475
Ошибки	476
Поперечная связка.....	476
Связки	479
Передняя крестообразная связка.....	479
Задняя крестообразная связка	483
Медиальная коллатеральная связка	484
Комплекс латеральной коллатеральной связки	486
Надколенник	489
Синовиальные складки.....	489
Сухожилие надколенника.....	491
Импинджмент-синдром жирового тела надколенника	491
Синовиальные сумки.....	492
Подколенная киста (киста Бейкера).....	492
Препателлярная сумка.....	493
Синовиальная сумка «гусиной лапки» (сумка объединенного сухожилия тонкой, портняжной и полусухожильной мышц) ...	493
Синовиальная сумка полуперепончато- большеберцовой коллатеральной связки...	493
Сумка медиальной коллатеральной связки	494
Кости	495
Мягкие ткани	496
Хрящ	497
Список литературы	497

Визуализация коленного сустава

См. протоколы МРТ коленного сустава в конце главы.

МРТ коленного сустава является наиболее востребованным исследованием в костно-мышечной радиологии. Причины просты: это работает, и лечащие врачи просят об этом. МРТ обеспечивает всестороннее обследование коленного сустава, предоставляя хирургам информацию, которую они не смогли бы получить клинически или неинвазивно. Этот метод также представляет собой дорожную карту для хирурга, выполняющего артроскопическую или открытую операцию, и оказался очень точным, с чувствительностью и специфичностью от 90 до 95% для менисков и почти 100% для крестообразных связок. В данной главе показано, как можно добиться такой точности.

- Катюшки и положение пациента: существует множество способов адекватного изображения коленного сустава, при этом в разных центрах используются разные протоколы визуализации, основанные исключительно на личных предпочтениях. Мы надеемся не только указать, какие методы работают, но также — что более важно — хотим подчеркнуть, что не следует использовать. Как и во всех случаях визуализации суставов, необходимо применять специальную поверхностную катушку. Для максимального разрешения следует использовать небольшое поле обзора. Обычно мы используем от 14 до 16 см в зависимости от роста пациента. Толщина срезов может составлять от 3 до 4 мм, при этом 4 мм являются стандартными в большинстве центров. Небольшой межсрезовый зазор (0,3 или 0,4 мм) используется для уменьшения перекрестных помех, если не используется объемное изображение. Толщина среза менее 4 мм, похоже, не уве-

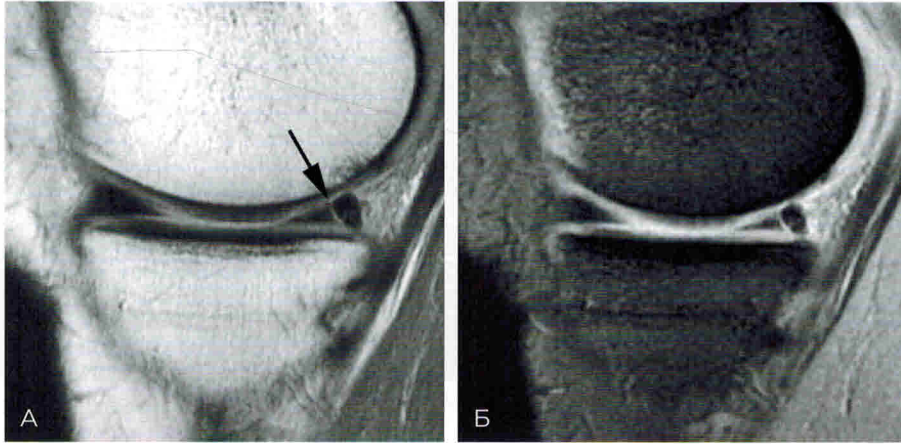


Рис. 15.1. Разрыв мениска: короткие последовательности TE. А — изображение, взвешенное по плотности протонов (TR/TE 2410/27) в сагиттальной плоскости демонстрирует косой разрыв заднего рога медиального мениска (стрелка), который также хорошо демонстрируется на рис. Б — изображении с градиентным эхом в сагиттальной проекции (TR/TE 510/14)

личивает точность и приводит к увеличению времени интерпретации изображения или информационной перегрузке. Матрица 256×256 или 512×512 является стандартной. Коленный сустав должен быть повернут примерно на 5° наружу, чтобы ПКС была параллельна сагиттальной плоскости изображения. Обычно это положение коленного сустава в расслабленном состоянии, и большинству пациентов не требуется прилагать никаких усилий для вращения коленного сустава наружу.

- Последовательность импульсов: при оценке менисков необходимо иметь короткое TE, чтобы эффективно видеть внутрименисковый сигнал и, следовательно, разрывы мениска. Это может быть получено на T1-ВИ, взвешенных по протонной плотности или градиентных последовательностей эхосигналов (рис. 15.1). Длинное изображение TE (>30) вызывает потерю внутрименискового сигнала, что может привести к пропуску некоторых разрывов мениска. Подавление жира может применяться с короткими TE-изображениями, чтобы обеспечить более четкое изображение при оценке менисков (рис. 15.2). Этот метод увеличивает диапазон контрастности менисков и делает разрывы более заметными, чем без подавления жира. Также выполняется T2-ВИ «быстрое спиновое эхо» (FSE-T2-ВИ) в сагиттальной проекции толщиной 4 мм с подавлением сигнала от жира, которое отлично подходит для исследования крестообразных связок, хрящей и деталей костей. Также можно применить короткое время инверсии-восстановления спинового эха (STIR). Изображение с градиентным эхом (объемное или одиночный срез) в сагиттальной проекции хорошо подходит

для хряща и менисков, но неприемлемо для исследования костей, так как патологические изменения костного мозга плохо демонстрируются этим методом при высокой напряженности поля. Последовательность, чувствительная к костному мозгу, также необходима для выявления очагов патологического сигнала внутри него. Для этого часто выполняется FSE-T2-ВИ с подавлением сигнала от жира или STIR. Корональная плоскость используется для исследования коллатеральных связок и служит еще одной плоскостью для их исследования. Корональная плоскость должна выполняться с программами, чувствительными к жидкости. Если используются последовательности FSE, рекомендуется подавление жира. Может быть сложно отличить жир от жидкости на последовательности FSE-T2-ВИ без подавления жира.

- T1-ВИ полезны для оценки костного мозга. Нормальный красный (кровотворный) костный мозг должен быть ярче скелетных мышц на этой последовательности. Если сигнал костного мозга темнее, чем мышечный, то это свидетельствует о патологическом процессе, таком как опухоль или инфекция.
- В аксиальной плоскости следует использовать чувствительную к жидкости последовательность. Это лучшая плоскость для исследования хряща надколенника. В этой плоскости также виден хрящ тролеарной вырезки бедренной кости, но его часто лучше оценивать на изображениях в сагиттальной проекции. Крестообразные связки должны быть неоднократно рассмотрены на изображениях в аксиальной проекции. Суставной хрящ можно исследовать во всех трех плоскостях визуализации FSE-T2-ВИ. Выбор TE в диапазоне от 40 до 60 мс (эффективный

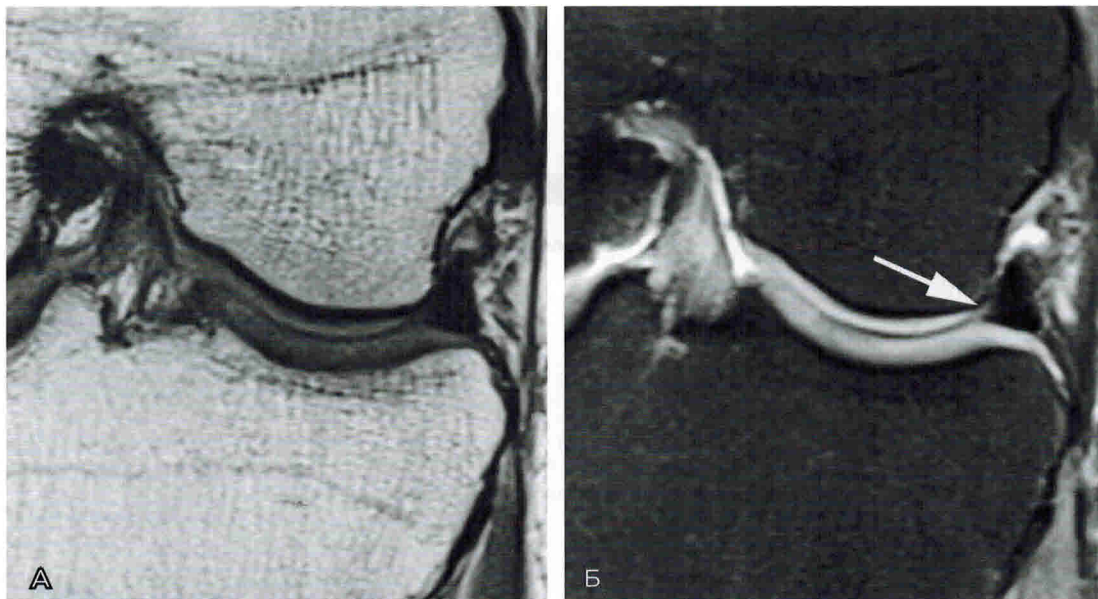


Рис. 15.2. Использование программ с подавлением сигнала от жира для исследования мениска. А — изображение латерального мениска в корональной проекции, взвешенное по протонной плотности без подавления жира, показывает в основном сигнал, исходящий от костного мозга бедренной и большеберцовой костей. Б — та же последовательность с подавлением сигнала от жира показывает мениск и минимальную неровность вдоль его свободного края (стрелка) лучше из-за подавления сигнала от костного мозга

эхо) идеально подходит для оценки суставного хряща.

- Контрастный препарат: гадолинию внутривенно нет места в стандартной визуализации коленного сустава, но его можно использовать для оценки синовиальной патологии или инфекции либо для дифференциации солидных кистозных и кистоподобных образований. МР-артрография коленного сустава эффективна в послеоперационном периоде; позволяет отличить восстановленный мениск от разорванного, поскольку жидкость будет проникать в разрыв, тогда как зона повышенной интенсивности сигнала в восстановленном мениске не будет заполняться контрастным веществом.

Норма и патологические изменения

Мениски

В норме

Мениски в коленном суставе представляют собой С-образные фиброзно-хрящевые структуры, утолщающиеся к периферии и тонкие по центру. Сагиттальный срез через тело мениска должен отображать его в виде удлиненного прямоугольника в зависимости от того, насколько периферически расположен сагиттальный срез (рис. 15.3). Меди-

альный и латеральный мениски должны иметь два или три смежных изображения тела в случае получения четырехмиллиметровых изображений. Три или четыре сагиттальных изображения должны быть видны через передний и задний рога мениска (рис. 15.4) треугольной формы; при этом задний рог медиального мениска больше, чем передний рог. Передний и задний рога латерального мениска равны по размеру. Задний рог любого мениска никогда не должен быть меньше переднего. Это предполагает разрыв или предшествующую частичную менискэктомию.

Нормальный мениск лишен сигнала на всех последовательностях визуализации, за исключением детей и молодых людей, у которых обычно имеется сигнал от среднего до высокого в задних рогах рядом с местом крепления мениска к капсуле. Этот сигнал, вероятно, представляет собой нормальную васкуляризацию, и его не следует неправильно интерпретировать как дегенерацию мениска. Васкуляризация мениска наиболее выражена у периферии и почти отсутствует у свободного края (центральные отделы). Это позволяет восстановить периферические разрывы, тогда как более центральные разрывы часто не подлежат лечению.

Патологические изменения

Было разработано несколько схем классификации аномальных сигналов мениска. Обычно

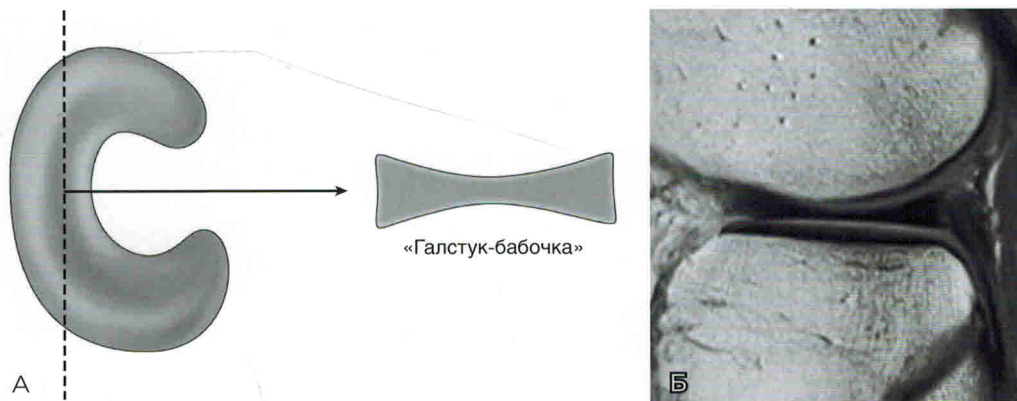


Рис. 15.3. Нормальный сегмент тела мениска. А — на схеме показано, как сагиттальный срез тела мениска дает изображение мениска, напоминающее «галстук-бабочку». Б — изображение в сагиттальной проекции, взвешенное по плотности протонов через тело бокового мениска, показывает нормальный признак «галстука-бабочки»

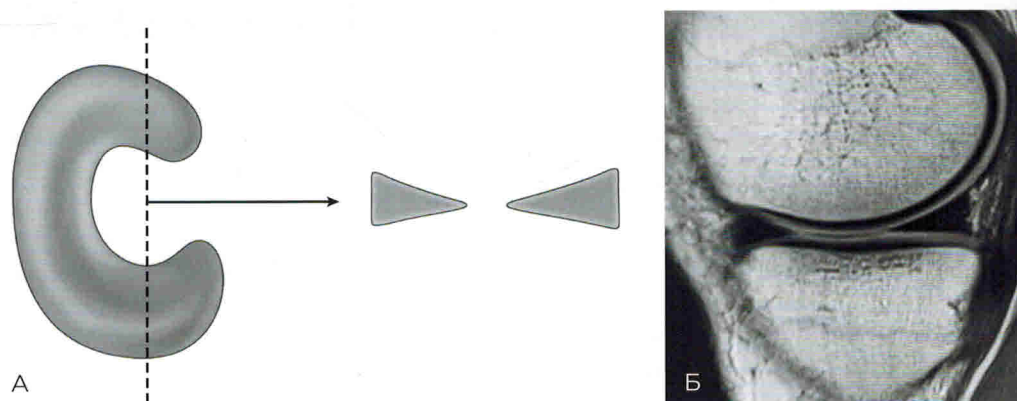


Рис. 15.4. Передний и задний рога мениска в норме. А — на схеме показан вид сагиттального среза переднего и заднего рогов мениска. Б — изображение в сагиттальной проекции, взвешенное по протонной плотности, демонстрирует нормальное проявление медиального мениска с его большим задним рогом и меньшим передним рогом

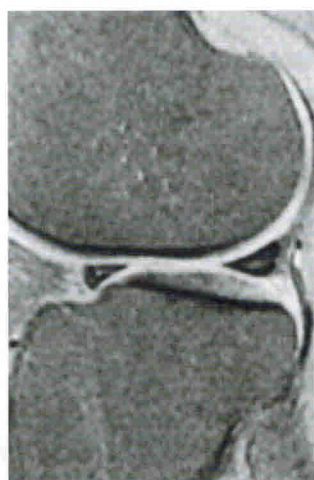


Рис. 15.5. Миксоидная или интерстициальная дегенерация. Изображение, взвешенное по плотности протонов, с подавлением сигнала от жира в сагиттальной проекции через латеральный мениск показывает некоторое повышение сигнала в передних и задних рогах, не выходящее за суставной край мениска. Это миксоидная дегенерация

они не имеют широкого распространения, так как единственным патологическим сигналом, имеющим какое-либо реальное значение, является сигнал, который разрушает суставную поверхность мениска, представляя собой разрыв. Любой сигнал, который не нарушает суставную поверхность (за одним исключением, которое подробно рассматривается ниже), является интерстициальной (внутриканевой) или миксоидной дегенерацией (рис. 15.5). Предположительно миксоидная дегенерация является результатом старения или износа, но ее причина неизвестна. Это не является источником симптомов, не всегда приводит к разрывам мениска и не лечится ни клиническим, ни хирургическим путем. Если миксоидная дегенерация выражена, ее можно упомянуть, чтобы те, кто может просматривать исследование, знали, что патологический сигнал был замечен и оценен не как разрыв, и не думали при этом, что ее просто не заметили. Кроме того, если данные изменения особенно заметны,

есть вероятность, что это может быть киста мениска. Кисты мениска более подробно обсуждаются ниже.

Разрывы

Если высокий сигнал явно нарушает суставную поверхность мениска, это разорванный мениск, однако если высокий сигнал приближается к суставной поверхности, что не полностью достигает суставной поверхности, это не разрыв, а интерстициальная дегенерация, что не всегда достаточно четко можно разделить. В некоторых случаях изменения слишком похожи. В таких ситуациях поступайте так, как делают и другие радиологи, — страхуйтесь. Вы сможете поставить окончательный диагноз примерно в 90% случаев. Примерно в 10% случаев бывает трудно однозначно определить, разорван мениск или нет. В таких случаях опишите результаты, и клиническое обследование будет иметь первостепенное значение. Если пациенту станет лучше при консервативном лечении, вероятно, это был не разрыв мениска. Если состояние пациента не улучшается, хирург может принять решение о проведении артроскопической процедуры, и в этом случае описание местоположения патологического сигнала будет полезно для выявления потенциального разрыва мениска.

Было определено, что чувствительность к разрывам мениска значительно снижается, если имеется связанный с ним разрыв ПКС. Одна из причин этого заключается в том, что разрывы мениска, которые часто возникают при разрыве ПКС, расположены в двух местах: в заднем роге латерального мениска и на периферии любого мениска. Наклонные поражения представляют собой продольно ориентированные разрывы по задней мениско-капсулярной поверхности, которые часто возникают при травмах ПКС. Они могут быть довольно тонкими, и их легко не заметить. Кроме того, при визуализации заднего рога латерального мениска может возникнуть несколько ошибок, которые можно спутать с разрывами мениска, и все они будут упомянуты далее в данной главе. Достаточно сказать, что при разрыве ПКС необходимо исключать периферический разрыв или разрыв заднего рога латерального мениска.

Косые или горизонтальные разрывы

Существует много типов разрывов мениска (блок 15.1). Наиболее распространенным является косой, или горизонтальный, разрыв (это синонимы; некоторые хирурги предпочитают один термин другому, а другие используют их как синонимы), которые происходят на нижней поверхности за-

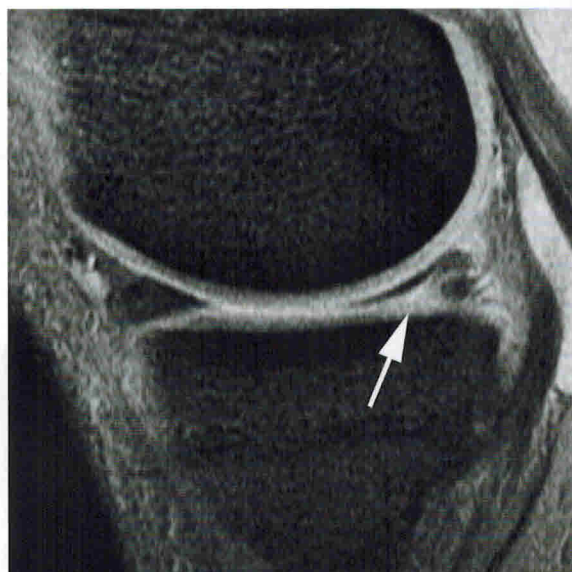


Рис. 15.6. Разрыв мениска. Изображение с градиентным эхом в сакиттальной проекции через медиальный мениск показывает косой разрыв, простирающийся до нижней поверхности заднего рога (стрелка)

днего рога медиального мениска (**рис. 15.6**). Обычно они носят дегенеративный характер и не являются результатом травмы.

БЛОК 15.1

Типы разрывов мениска

- Косой, или горизонтальный.
- Вертикальный:
 - лоскутный;
 - по типу «ручки лейки».
- Периферический.
- Медиально-лоскутный разрыв.
- Радиальный (по типу «клюва попугая»).
- Мениско-капсулярное расслоение

Разрывы по типу «ручки лейки»

Вертикальные продольные разрывы (**рис. 15.7**) могут привести к разрыву по типу «ручки лейки», который встречается примерно в 10% случаев разрывов мениска. При разрыве этого типа внутренняя часть мениска смещается в межмышелковую вырезку (ямку). Образовавшийся разрыв по типу «ручки лейки» можно диагностировать по уменьшению количества нормальных сегментов тела, присутствующих на изображениях в сакиттальной проекции (**рис. 15.8**). Тщательный поиск смещенного фрагмента следует проводить, когда на изображениях в сакиттальной проекции виден только один сегмент тела, и тогда фрагмент хорошо визуализируется на изображениях в коронарной проекции (**см. рис. 15.8, Д**).